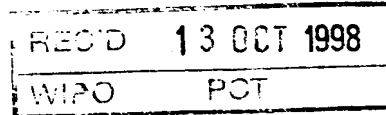


**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)**Bescheinigung**

Die Gründl und Hoffmann GmbH Gesellschaft für elektrotechnische Entwicklungen in Starnberg/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Wanderfeldmaschine und Verfahren zu deren Herstellung"

am 22. August 1997 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig das Symbol H 02 K 3/12 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 26. Mai 1998

Der Präsident des Deutschen Patentamts

Im Auftrag

Aktenzeichen: 197 36 645.7



Hiebinger

## Wanderfeldmaschine und Verfahren zu deren Herstellung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wanderfeldmaschine  
5 und ein Verfahren zu deren Herstellung. Insbesondere be-  
trifft die Erfindung eine Wanderfeldmaschine, die einen  
Ständer und einen Läufer aufweist, wobei wenigstens eine  
Ständerspule und/oder eine Läuferspule jeweils in wenig-  
stens einer Nut des Ständers bzw. Läufers angeordnet ist,  
10 wobei die Ständer- bzw. Läuferspule aus der Nut in Längs-  
richtung beidseitig unter Bildung eines Spulenkopfes her-  
ausragt.

Im Stand der Technik sind derartige Wanderfeldmaschinen  
15 (Asynchron-, Synchron-, Rotations- oder Linearmaschinen)  
bekannt, wobei unter dem Begriff "Wanderfeldmaschinen" so-  
wohl Motoren als auch Generatoren verstanden sind. Hierbei  
sind die Spulen durch gewickelte Drahtgebilde geformt. Da  
die Drähte gegeneinander isoliert sein müssen und in der  
20 Regel einen kreisrunden Querschnitt aufweisen, beträgt der  
Füllfaktor der Nuten (Gesamt-Drahtquerschnitt/Nutquer-  
schnitt) etwa 35% - 40%. Da bei derartigen gewickelten  
Drahtspulen nicht sicher vorhersehbar ist, welche Windungen  
der gewickelten Drahtspulen nebeneinander zu liegen kommen,  
25 muß die Isolierschicht hierbei mindestens die Durchschlag-  
festigkeit der maximalen, an der Wicklung anliegenden Nenn-  
Spannung haben.

Der Füllfaktor kann in engen Grenzen durch Verwendung von  
30 geflochtenen oder geschlagenen Litzen zur Herstellung der  
Spulen verbessert werden, wobei die Spulen in die Nuten  
eingepreßt werden.

Außerdem überragt bei gewickelten Spulen der zur Montage  
35 der Spule in der Nut erforderliche Spulenkopf die Nut auf  
beiden Seiten relativ weit. Dies trägt einerseits zu erhöh-  
tem Raumbedarf und andererseits zu erhöhten ohmschen Verlu-  
sten in der Spule bei.

Fig. 5 zeigt einen Ständer einer Synchronmaschine gemäß dem Stand der Technik. Ersichtlich ist hierbei ein hohlzylindrischer Ständer 10 aus Eisenblech aufgeschichtet. In dem Ständer 10 sind radial nach innen offene Nuten 16 koaxial zur Mittellängsachse des Ständers angeordnet. In den Nuten 16 sind Spulen 18a, 18b, 18c längs des Umfangs des Ständers 10 verteilt angeordnet. Damit die Spulen 18a, 18b, und 18c von einer Nut 16' in eine in Umfangsrichtung davon beabstandete Nut 16" geführt werden können, hat jede der Spulen am stirnseitigen Ende des Ständers einen Spulenkopf 20. Wenn die Spulen mit phasenverschobenem Wechselstrom beschickt werden, bildet sich ein rotierendes Magnetfeld aus, in dem ein (nicht gezeigter) Läufer sich mitdreht. Ersichtlich haben hier die die Spulen bildenden Drähte einen konstanten (kreisförmigen) Querschnitt über die gesamte Länge, d.h. sowohl im Bereich der Nut als auch im Bereich der Spulenköpfe. Dies führt zu den oben erläuterten Nachteilen.

Der Erfindung liegt angesichts dieser Nachteile des Standes der Technik die Aufgabe zugrunde, eine Wanderfeldmaschine bereitzustellen, bei der der Füllfaktor höher ist und/oder die Spulenköpfe die Nuten in axialer Richtung weniger überragen.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß die eingangs beschriebene Wanderfeldmaschine dadurch weitergebildet, daß der Querschnitt der Ständer- bzw. Läuferspule im Bereich der jeweiligen Nut vom Querschnitt der Ständer- bzw. Läuferspule im Bereich des Spulenkopfes abweicht.

Unter Querschnitt der Ständer- bzw. Läuferspule ist hierbei sowohl die Form als auch der Querschnitts-Flächeninhalt zu verstehen.

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung ist es möglich, die Form des Abschnittes der Spule im Innern der Nut so zu gestalten, daß der Füllfaktor steigt, während gleichzeitig

auch die Möglichkeit besteht, die axiale Erstreckung des Spulenkopfes durch geeignete Gestaltung der Windung in diesem Bereich zu reduzieren.

- 5 In einer Ausführungsform der Erfindung ist der Querschnitt der Ständer- bzw. Läuferspule im Bereich der jeweiligen Nut geringer ist als der Querschnitt der Ständer- bzw. Läuferspule im Bereich des Spulenkopfes.
- 10 In einer alternativen, bevorzugten Ausführungsform ist es auch möglich, daß der Querschnitt der Ständer- bzw. Läuferspule im Bereich der jeweiligen Nut größer ist als der Querschnitt der Ständer- bzw. Läuferspule im Bereich des Spulenkopfes. Damit steigt das Verhältnis des Leitungsanteils in der Nut zum Leitungsanteil in den beiden Spulen-
- 15 köpfen erheblich.

- In einer derzeit besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Ständer- bzw. Läuferspule aus Blechmaterial gebildet.
- 20 Damit kann ein besonders hoher Füllfaktor von etwa 60% bis 80% erzielt werden. Außerdem kann die Isolation der einzelnen Windungen relativ dünn gestaltet sein, da eine definierte Orientierung der einzelnen Windungen zueinander in der Nut bzw. im Bereich des Spulenkopfes herrscht, so daß
- 25 der maximale Spannungsabfall zwischen zwei benachbarten Windungen vorherbestimmbar ist. Weiterhin ist der Wärmewiderstand zwischen der Spule und den Wandungen der Nut erheblich geringer als im Stand der Technik. Dies erlaubt den Betrieb der Maschine bei höherer Leistung. Außerdem ist die
- 30 Montage einfacher, da das Einlegen der einzelnen Blechabschnitte (oder von aus Blechabschnitten gebildeten Spulen) in die Nuten geringeren Aufwand erfordert als das Einbringen von vorgeformten Drahtspulen, die bei Einführen in die Nut verformt werden müssen. Dies erleichtert die Automatisierbarkeit des Herstellungsvorganges der Maschine.
- 35

Durch den Aufbau der Spulen auf Blechformteilen ist es möglich, die Nuten (bei gleicher Maschinenleistung) weniger tief zu gestalten als im Stand der Technik. Dies verringert die Verluste aufgrund von Streuinduktivitäten und den  
5 Blindleistungsbedarf.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Ständer- bzw. Läuferspule im Bereich der Nut aus mehrlagigem geschichteten oder gefalteten Blechmaterial gebildet, und ist im Bereich des Spulenkopfes aus einlagigem oder wenigerlagigem  
10 Blechmaterial gebildet.

Erfindungsgemäß ist es möglich, die Ständer- bzw. Läuferspule entweder aus Kupfer- oder aus Aluminium-Blechmaterial  
15 (oder aus Legierungen der jeweiligen Metalle) herzustellen. Damit kann das Gewicht oder das Volumen der Maschine erheblich beeinflußt werden. Außerdem können auch die Spulenabschnitte in der Nut aus einem Material (z.B. Kupfer oder Aluminium), und die den Spulenkopf bildenden Spulenab-  
20 schnitte aus einem anderen Material (z.B. Aluminium oder Kupfer) sein.

Bevorzugt ist jeweils eine Windung der Ständer- bzw. Läuferspule aus zwei im wesentlichen C-förmigen Blechteilen  
25 gebildet, deren offene Seiten einander zugewandt sind, und bei denen ein Schenkel des einen C-förmigen Blechteiles mit einem gegenüberliegende Schenkel des anderen C-förmigen Blechteiles verbunden ist.

30 Weitere Eigenschaften, Vorteile, Merkmale und Variationsmöglichkeiten der Erfindung werden anhand der nachstehenden Beschreibung einer derzeit bevorzugten Ausführungsform der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert.

35 Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines mehrphasigen Linearmotors in der Draufsicht, der eine Ständerwicklung aufweist, die gemäß der Erfindung gestaltet ist.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Blechteils in der Draufsicht, das zur Herstellung eines C-förmigen Blechteiles für die Bildung einer halben Windung gemäß der Erfindung geeignet ist.

5

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines C-förmigen Blechteiles gemäß Fig. 2 in der Seitenansicht, das eine halbe Windung gemäß der Erfindung bildet.

10 Fig. 4 zeigt eine schematische teilweise Darstellung eines Wicklungspaketes, das in eine Nut des Ständers gemäß Fig. 1 eingesetzt wird.

15 Fig. 5 zeigt eine perspektivische Darstellung eines Ständers einer Synchronmaschine gemäß dem Stand der Technik.

Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einer Niederspannungs-Wanderfeldmaschine (hier eines permanenterregten Linearmotors mit weniger als etwa 60 Volt Betriebsspannung), der  
20 einen Ständer 10 und einen Läufer 12 aufweist. Der Ständer 10 ist aus geschichteten Eisenblechen aufgebaut und weist eine Vielzahl von Nuten 16 auf. In den Nuten sind in an sich bekannter Weise (siehe z.B. Fig. 5) die Spulen zur Erzeugung des Wechselfeldes verteilt angeordnet. Genauer gesagt ist eine Spule 18 in zwei Nuten 16', 16" angeordnet,  
25 wobei die in den beiden Nuten 16', 16" angeordnet Spulenabschnitte durch zwei Spulenköpfe 20 (von denen in Fig. 1 nur einer zu sehen ist) miteinander verbunden sind. Zur besseren Übersicht ist lediglich eine Spule (von der Nut 16' zur  
30 Nut 16" reichend) komplett dargestellt. Die übrigen Spulen sind jeweils nur teilweise (in den Nuten 16) gezeigt.

Ein wesentlicher Aspekt ist dabei, daß der Querschnitt jeder einzelnen Windung der Ständerspule 18 im Bereich der  
35 jeweiligen Nuten 16', 16" größer ist, als der Querschnitt jeder einzelnen Windung im Bereich der Spulenköpfe 20. Genauer gesagt ist die Anordnung so getroffen, daß der Querschnitt jeder Windung im Kopfbereich soweit reduziert ist,

daß alle Windungen in radialer Richtung nebeneinander Platz finden, ohne den Ständer in radialer Richtung zu überragen. Damit bleibt die Baugröße der Maschine in radialer Richtung im wesentlichen durch den Durchmesser des Läufers begrenzt, während in axialer Richtung gegenüber dem Stand der Technik eine nennenswerte Verringerung möglich ist, da die einzelnen Spulen sich nicht mehr in axialer Richtung überragen (wie dies beim Stand der Technik z.B. Fig. 5 der Fall ist).

- 10 Dies wird in der vorliegenden Ausführungsform der Erfindung dadurch ermöglicht, daß die Ständerspulen 18 aus Kupfer- oder Aluminium-Blechmaterial gebildet sind.

Eine Möglichkeit, dies herzustellen besteht darin, daß die Ständerspulen 18 im Bereich der Nuten 16 aus mehrlagigem geschichteten oder gefalteten Blechmaterial gebildet sind, und im Bereich der Spulenköpfe 20 aus einlagigem Blechmaterial oder aus Blechmaterial mit weniger Lagen als im Bereich der Nuten gebildet ist. Damit ist es möglich, die für die jeweilige Phasenzahl erforderliche Anzahl von Spulenköpfen 20 über die Nuten hinwegzuführen, die jeweils zwischen den Nuten 16' und 16" einer Spule liegen. Wenn z.B. eine dreiphasige Maschine in Zwei-Loch-Wicklung ausgeführt ist, reicht ein Spulenkopf 20 immer über sechs (3 Phasen \* Zwei Löcher) dazwischenliegende Nuten 16 hinweg und verbindet die Spulenabschnitte in den Nuten 16' und 16". In diesem Fall muß das Blechmaterial im Nutbereich jeder Windung der Spule sechsmal dicker sein als im Kopfbereich jeder Windung der Spule. Es gilt also folgender Zusammenhang:

30

Dicke jeder Windung der Spule im Nutbereich

----- = Phasenzahl \* Lochzahl jeder Wicklung

Dicke jeder Windung der Spule im Kopfbereich

- 35 Damit ist sichergestellt, daß die Spulen im Kopfbereich in radialer Richtung nicht breiter sind als die Nuten (in radialer Richtung) tief sind.

Jeweils eine Windung der Ständerspule 18 ist aus zwei im wesentlichen C-förmigen Blechteilen gebildet, deren offene Seiten einander zugewandt sind, und bei denen ein Schenkel 22 des einen C-förmigen Blechteiles mit einem gegenüberliegende Schenkel 22 des anderen C-förmigen Blechteiles verbunden ist. Die jeweils anderen Schenkel 22 sind mit einem Schenkel 22 eines davorliegenden bzw. dahinterliegenden C-förmigen Blechteiles zur Bildung der vorherigen bzw. folgenden Windung verbunden.

10

In Fig. 2 ist ein Blechstanzteil gezeigt, das zur Herstellung eines vorstehend beschriebenen C-förmigen Blechteiles dient. Das Blechstanzteil hat eine im wesentlichen rechteckige Gestalt, wobei der mit N bemaßte Nutenabschnitt 30 in einer Nut zu liegen kommt, während die mit K bemaßten Kopfabschnitte 32 jeweils einen halben Spulenkopf 20 bilden. Längs der parallelen Einschnitte 34 werden die Kopfabschnitte 32 begrenzt. Das zwischen den beiden Schnittlinien 34 liegende Blechmaterial wird entlang der Knicklinien 36a, 36b, 36c, 36d, und 36e zickzack-förmig umgefaltet, so daß ein Stapel von Blechabschnitten über dem die beiden Kopfabschnitte 32 verbindenden Blechabschnitt 38 liegt. In dieser Ausführungsform sind die Kopfabschnitte 32 durchgehend mit einer einfachen Materialdicke zu gestalten. In diesem Fall werden beim Zusammenfügen zweier einzelner C-förmiger Blechteile jeweils ein solcher Endbereich des einen C-förmigen Blechteiles mit einem solchen Endbereich des anderen C-förmigen Blechteiles (auf Stoß gelegt und) stumpf verschweißt.

30

Alternativ dazu ist es jedoch auch möglich, daß jeder der Kopfabschnitte 32 mit einem außenliegenden Randabschnitt 40 versehen wird, der entlang von Knicklinien 42a, 42b umgefaltet wird. Damit haben im vorliegenden Beispiel die Kopfabschnitte 32 eine doppelte Materialdicke. Dies erfordert jedoch auch, daß die Nutenabschnitte eine zweimal sechsfache (also 12-fache) Materialdicke des Blechmaterials haben (um die Nuten radial nicht zu überragen). Die Randab-

35



schnitte 40 sind an ihren vom Nutenabschnitt 30 abliegenden Ende etwas verkürzt, so daß nach dem Umfalzen entlang der Knicklinien 42a, 42b jeweils ein kurzer Endbereich 48a, 48b entsteht, der nur eine einfache Materialdicke des Blechmaterials aufweist. Beim Zusammenfügen zweier einzelner C-förmiger Blechteile werden jeweils ein solcher Endbereich des einen C-förmigen Blechteiles über einen solchen Endbereich des anderen C-förmigen Blechteiles gelegt und z.B. verschweißt. Eine Seitenansicht eines derartig geformten C-förmigen Blechteiles ist in Fig. 3 gezeigt.

In Fig. 4 ist ein Stapel solcher C-förmigen Blechteile übereinandergelegt, wobei die Kopfteile 32 gegenüber den Nutabschnitten 30 abgekröpft und auf minimalen Abstand zusammengeführt sind. Dies ist ein wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung, da dies eine Möglichkeit ist, die von der Polzahl und der Phasenzahl der Maschine abhängige Anzahl von Spulen entlang des Ständers bei äußerst niedriger Bauhöhe der Spulenköpfe über die Nuten zu führen.

Insbesondere bei Einsatz von Aluminium-Blechmaterial kann bei Nieder- oder Mittelspannungsmaschinen mit relativ niedriger Nenn-Spannung aufgrund der niedrigen Spannung zwischen den einzelnen Windungen durch einfaches Anodisieren des Aluminium-Blechmaterial eine äußerst einfache und dünne Isolierschicht auf die Blechteile aufgebracht werden.

Da bei Nieder- oder Mittelspannungsmaschinen nur relativ wenige Windungen (in der Größenordnung von etwa 5 - 15) pro Spule erforderlich sind, eignet sich die vorliegende Erfindung insbesondere für diese Klasse von Maschinen.

Vorstehend ist das erfindungsgemäße Konzept anhand einer Ständerspule eines Linearmotors erläutert. Für einen Fachmann ist jedoch ersichtlich, daß dieses Konzept auch für Läuferspulen bzw. für Rotationsmaschinen einsetzbar ist, ohne dabei den Erfindungsbereich zu verlassen, der auch durch die nachfolgenden Ansprüche definiert ist.

## Ansprüche

1. Wanderfeldmaschine, die einen Ständer (10) und einen  
5 Läufer (12) aufweist, wobei wenigstens eine Ständerspule  
(18) und/oder eine Läuferspule jeweils in wenigstens einer  
Nut (16) des Ständers (10) bzw. Läufers angeordnet ist, und  
wobei die Ständer- (18) bzw. Läuferspule aus der Nut (16)  
10 in Längsrichtung beidseitig unter Bildung eines Spulenkop-  
fes (20) herausragt, dadurch gekennzeichnet, daß der Quer-  
schnitt der Ständer- (18) bzw. Läuferspule im Bereich der  
jeweiligen Nut (16) vom Querschnitt der Ständer- (18) bzw.  
Läuferspule im Bereich des Spulenkopfes (20) abweicht.
- 15 2. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-  
net, daß der Querschnitt der Ständer- bzw. Läuferspule im  
Bereich der jeweiligen Nut geringer ist als der Querschnitt  
der Ständer- bzw. Läuferspule im Bereich des Spulenkopfes.
- 20 3. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-  
net, daß der Querschnitt der Ständer- bzw. Läuferspule im  
Bereich der jeweiligen Nut größer ist als der Querschnitt  
der Ständer- bzw. Läuferspule im Bereich des Spulenkopfes.
- 25 4. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch  
gekennzeichnet, daß die Ständer- bzw. Läuferspule aus  
Blechmaterial gebildet ist.
- 30 5. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeich-  
net, daß die Ständer- bzw. Läuferspule im Bereich der Nut  
aus mehrlagigem geschichteten oder gefalteten Blechmaterial  
gebildet ist, und im Bereich des Spulenkopfes aus einlagig-  
gem oder wenigerlagigem Blechmaterial gebildet ist.
- 35 6. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 1, 2, 3, 4, oder 5, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Ständer- bzw. Läuferspule aus  
Kupfer- oder Aluminium-Blechmaterial gebildet ist.

7. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 5, oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils eine Windung der Ständer- bzw. Läuferspule aus zwei im wesentlichen C-förmigen Blechteilen gebildet ist, deren offene Seiten einander zugewandt sind, und bei denen ein Schenkel (40) des einen C-förmigen Blechteiles mit einem gegenüberliegenden Schenkel (40) des anderen C-förmigen Blechteiles verbunden ist.

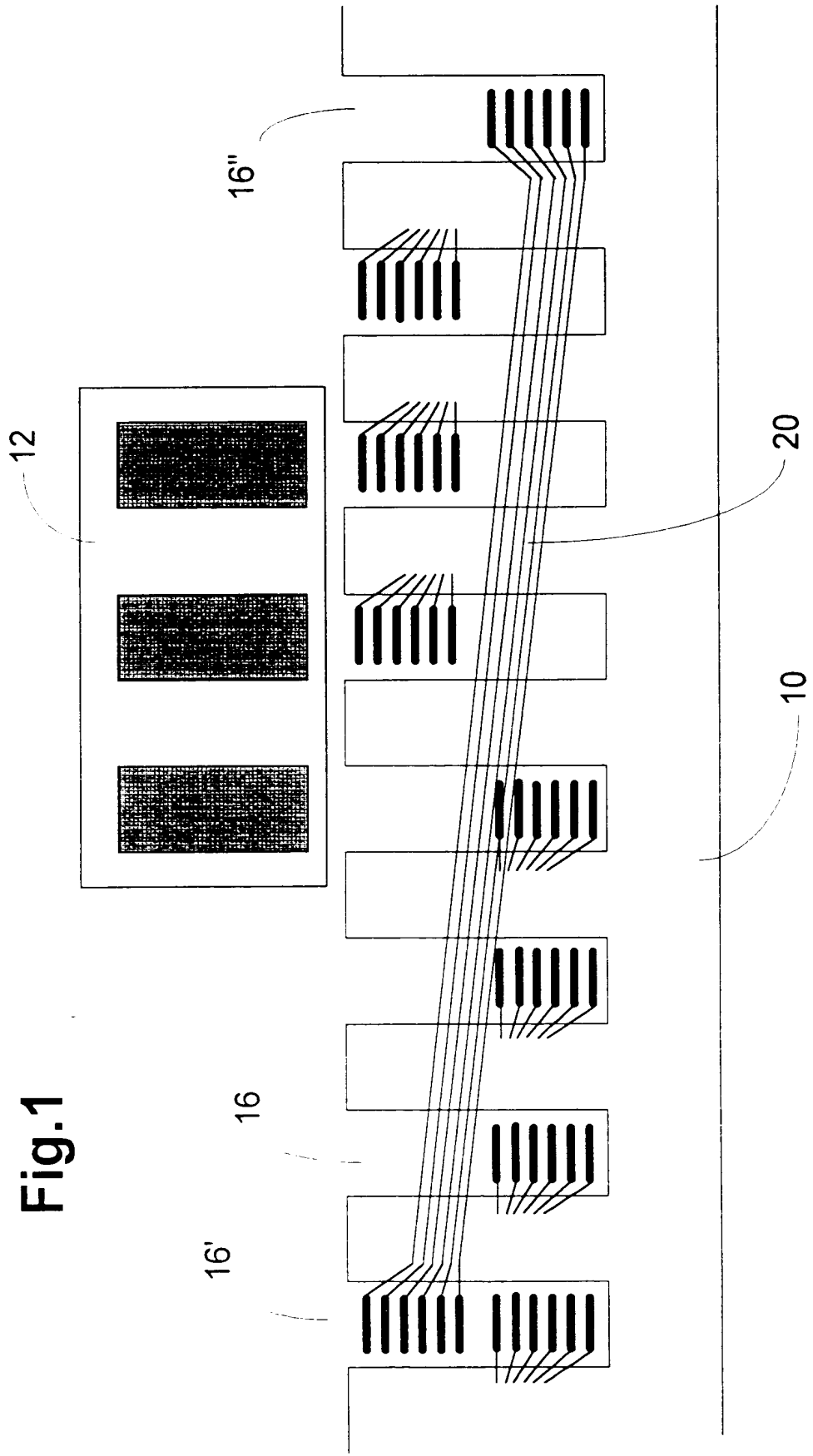
## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Wanderfeldmaschine, die einen  
5 Ständer und einen Läufer aufweist, wobei wenigstens eine  
Ständerspule und/oder eine Läuferspule jeweils in wenig-  
stens einer Nut des Ständers bzw. Läufers angeordnet ist,  
und wobei die Ständer- bzw. Läuferspule aus der Nut in  
Längsrichtung beidseitig unter Bildung eines Spulenkopfes  
10 herausragt, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der  
Ständer- bzw. Läuferspule im Bereich der jeweiligen Nut vom  
Querschnitt der Ständer- bzw. Läuferspule im Bereich des  
Spulenkopfes abweicht.

15

30

Fig.1



[illegible]

40

34

42a

36a 32

48a

3

38

Z

 $\gamma$ 

48b

Fig. 3

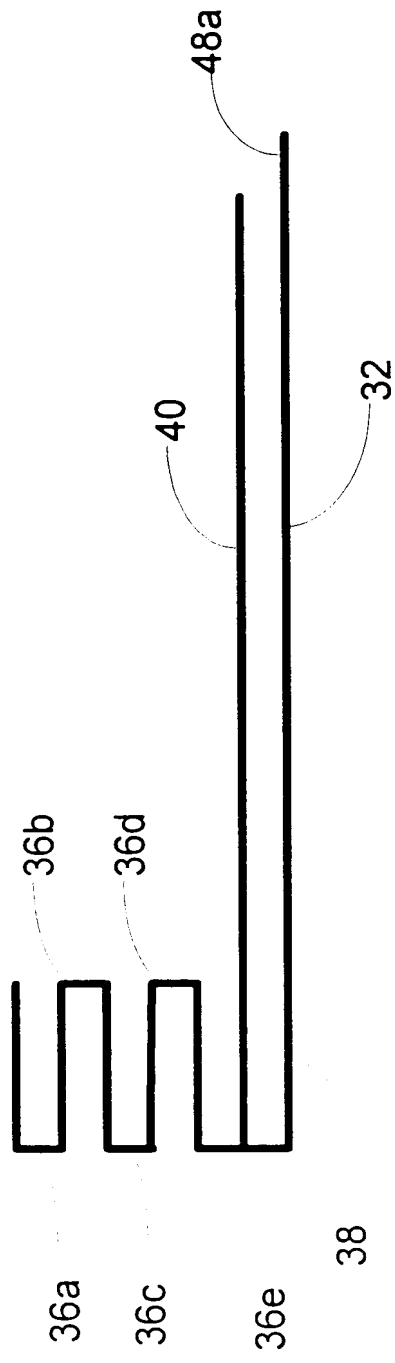
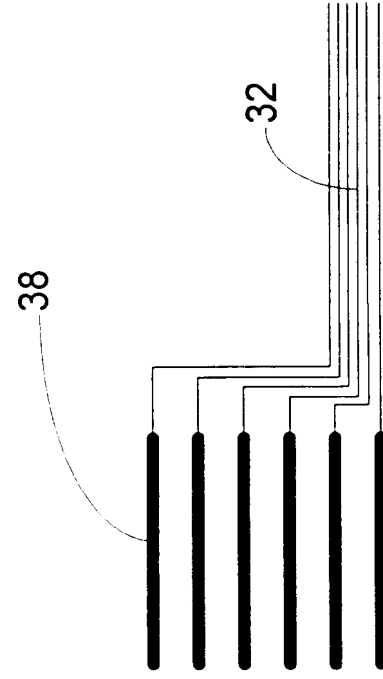


Fig. 4



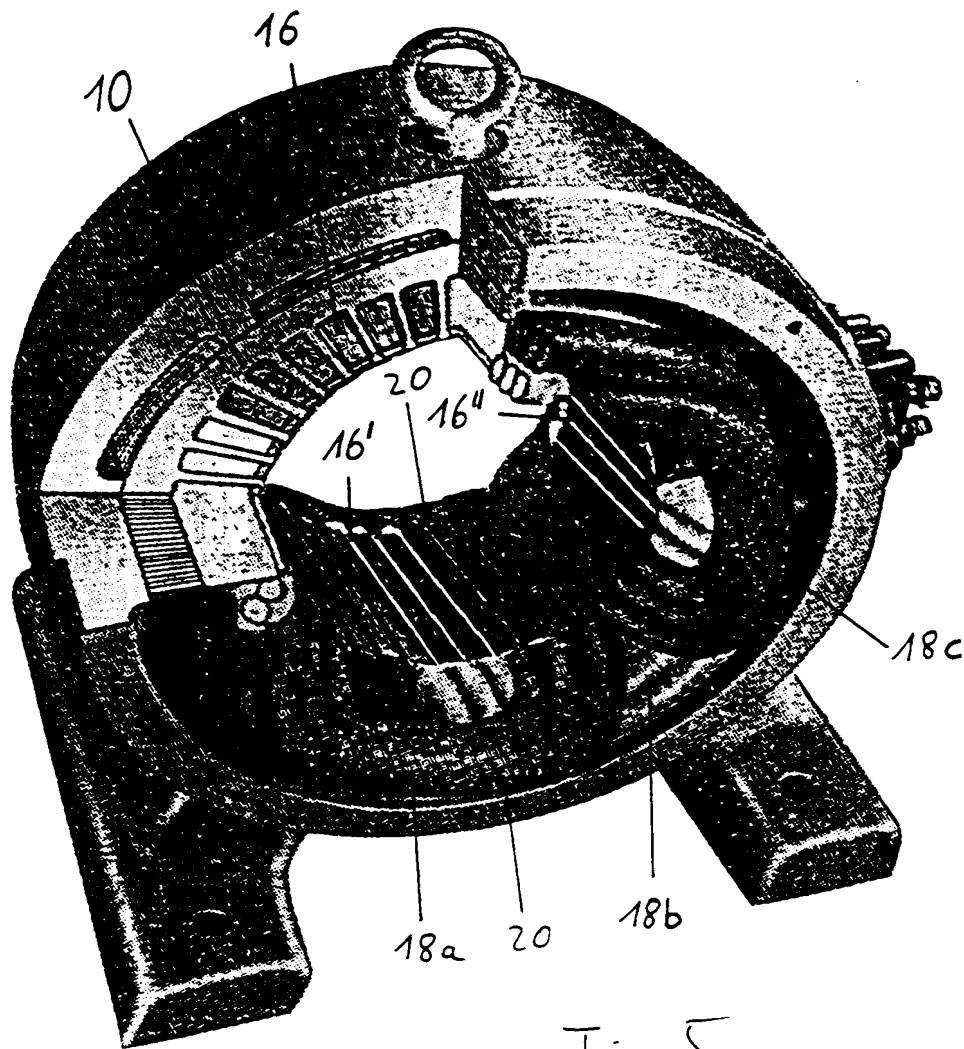


Fig. 5